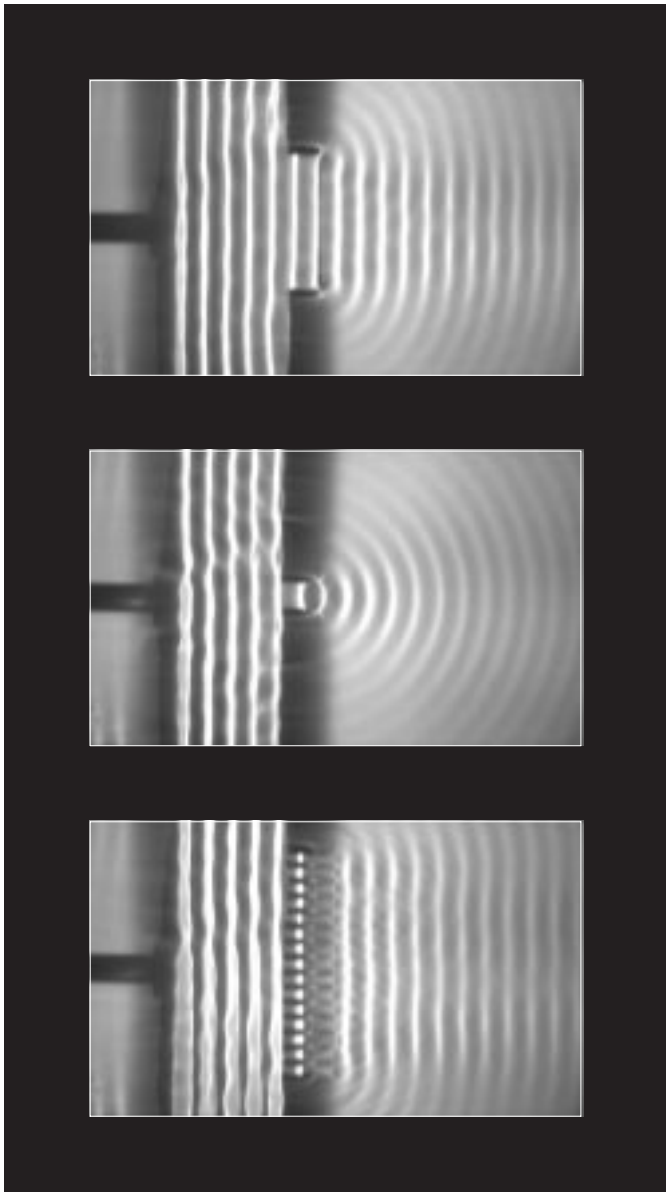
Principe d'Huygens appliqué aux ondes à la surface de l'eau

Objectifs expérimentaux

- observation de la propagation des ondes à la surface de l'eau derrière une arête (changement de la direction de propagation)
- observation de la propagation des ondes à la surface de l'eau derrière une fente étroite (apparition d'ondes circulaires)
- observation de la propagation des ondes à la surface de l'eau derrière une grille (superposition d'ondes circulaires pour former une onde rectiligne)



Principes de base

Les considérations suivantes sur la propagation des ondes remontent à *Christiaan Huygens*.

Premièrement: chaque point d'un front d'ondes peut être considéré comme le point de départ d'une onde élémentaire, qui se propage avec la même vitesse et longueur d'onde que l'onde initiale.

Deuxièmement: l'enveloppe de toutes les ondes élémentaires est le nouveau front d'onde.

Pour vérifier le principe d'Huygens on produit des fronts d'onde rectilignes dans la cuve à onde remplie d'eau, ces fronts d'onde rencontrent successivement un obstacle droit avec une arête, une fente étroite et une grille. Derrière l'arête on observe un changement de la direction de propagation, derrière la fente étroite il y a apparition d'ondes circulaires, et derrière la grille, les ondes circulaires se superposent et forment une onde rectiligne.

La combinaison du principe d'Huygens avec le principe d'interférence, remontant à A. Fresnel, destinée à mettre en évidence le diffraction des ondes à la surface de l'eau lorsqu'elles rencontrent une fente ou un réseau, est expliquée par les essais „interférence avec les ondes à la surface de l'eau".

Fig. 1 Principe d'Huygens appliqué aux ondes à la surface de l'eau (photos)
En haut: diffraction d'ondes rectilignes sur des arêtes
Au milieu: apparition d'ondes circulaires derrière une fente étroite
En bas: superposition d'ondes circulaires pour former une onde rectiligne

Matériel

1 cuve à ondes avec stroboscope à moteur . 401501

en complément:

Liquide vaisselle

Montage

Le montage expérimental est représenté en Fig. 2.

– monter la cuve à ondes sur une surface stable; se référer à le mode d'emploi de la cuve à ondes.
– brancher l'excitateur d'ondes rectilignes; voir Fig.3.

Réalisation

a) Propagation d'ondes derrière une arête:

– placer l'obstacle à grande fente (voir Fig. 4 en haut) au milieu de la cuve à ondes, directement sous la lampe. Placer l'excitateur d'ondes à environ 10 cm, parallèlement à l'obstacle.
– éventuellement sortir le disque stroboscopique de la marche des rayons, à l'aide de la vis moletée **(f)**, de manière à ce que la plaque de verre au fond de la cuve à onde soit totalement éclairée.
– régler la fréquence à 20 Hz avec le bouton **(e)** et augmenter doucement l'amplitude d'excitation avec le bouton **(d)**, jusqu'à apparition de fronts d'ondes nets (voir le mode d'emploi de la cuve à ondes).
– éventuellement faire varier la profondeur d'immersion à l'aide de la vis de réglage **(h1)**.
– observer l'image d'onde derrière l'obstacle.
– brancher le stroboscope avec l'interrupteur **(a)** pour observer les ondes stationnaires. Après un temps de démarrage, éventuellement refaire le réglage fin de la synchronisation de la fréquence de l'excitateur et du stroboscope avec le bouton **(b)** jusqu'à obtention d'une image d'ondes stationnaires.

b) Propagation des ondes derrière une fente étroite:

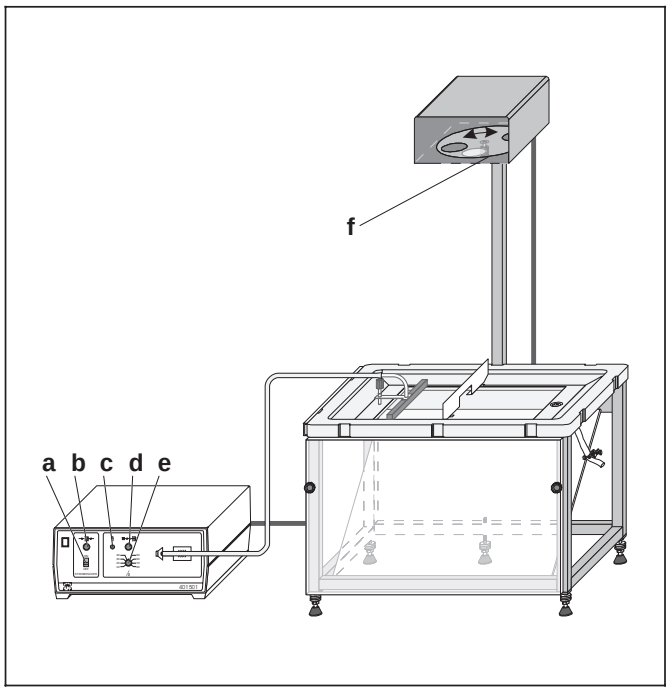
– Placer l'obstacle à grande fente au milieu de la cuve à ondes, directement sous la lampe. Réduire la grande fente avec les deux tiroirs de recouvrement e manière à obtenir un écartement inférieur à la longueur d'onde (voir Fig. 4 au milieu). Placer l'excitateur d'ondes à environ 10 cm, parallèlement à l'obstacle.
– éventuellement sortir le disque stroboscopique de la marche des rayons, de manière à ce que la plaque de verre au fond de la cuve à ondes soit totalement éclairée.
– régler la fréquence à 20 Hz et augmenter doucement l'amplitude d'excitation, jusqu'à apparition de fronts d'ondes nets (voir le mode d'emploi de la cuve à ondes).
– changer la profondeur d'immersion si nécessaire.
– observer l'image d'ondes derrière l'obstacle.
– changer la fréquence, régler l'amplitude si nécessaire et observer l'image d'onde derrière l'obstacle.
– utiliser un stroboscope pour l'observation d'ondes stationnaires.

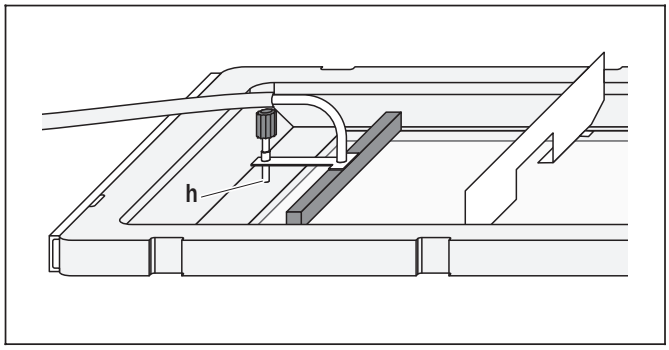
c) Propagation d'ondes derrière une grille:

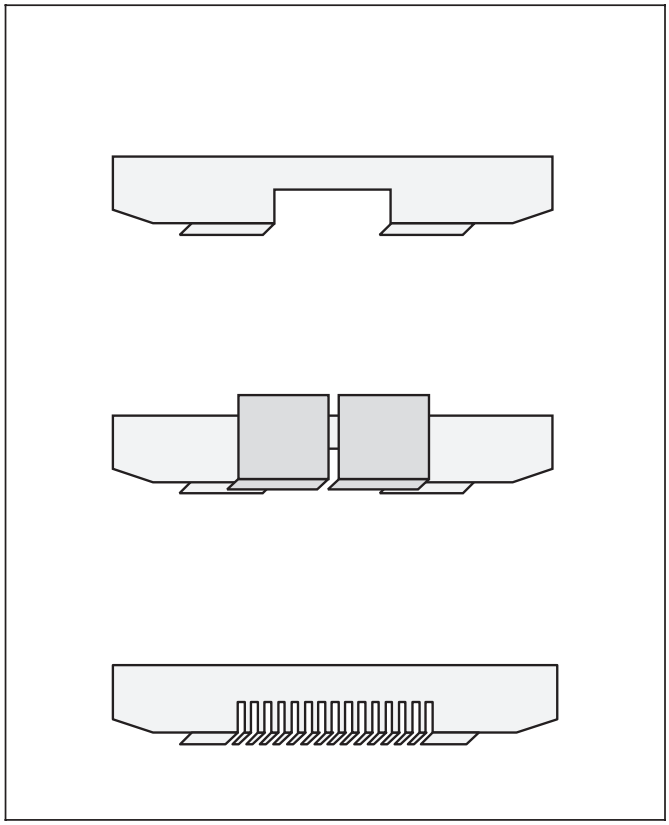
– placer l'obstacle à 15 fentes uniques au milieu de la cuve à ondes, directement sous la lampe (voir Fig.4 en bas). Placer l'excitateur d'ondes à environ 10 cm, parallèlement à l'obstacle.
– éventuellement sortir le disque stroboscopique de la marche des rayons, de manière à ce que la plaque de verre au fond de la cuve à onde soit totalement éclairée.
– régler la fréquence à 20 Hz et augmenter doucement l'amplitude d'excitation, jusqu'à apparition de fronts d'ondes nets (voir le mode d'emploi de la cuve à ondes)
– changer la profondeur d'immersion si nécessaire.
– observer l'image d'ondes derrière l'obstacle.
– changer la fréquence, régler l'amplitude si nécessaire et observer l'image d'ondes derrière l'obstacle.
– utiliser un stroboscope pour l'observation d'ondes stationnaires.

d) Propagation d'un paquet d'ondes derrière les obstacles:

– placer un des obstacles comme décrit plus haut.
– si nécessaire, sortir le disque stroboscopique de la marche des rayons, tourner le bouton d'amplitude entièrement vers la gauche. Veiller à ce que l'excitateur d'ondes soit en contact avec l'eau sur toute sa longueur.
– actionner le bouton d'excitation d'onde unique **(c)**.
– observer le paquet d'ondes derrière l'obstacle.







Exemple de mesure

La figure 1 représente 3 photographies d'exemples de mesure.

Résultats

a) Propagation d'ondes sur une arête:

Les ondes ne se propagent pas uniquement dans la direction initiale derrière l'obstacle. Elles font un arc et s'introduisent dans les „ombres" des obstacles, comme des ondes circulaires (diffraction des ondes sur une arête).

Il semble que les arêtes soient des excitateurs ponctuels pour les ondes circulaires.

Les ondes sont nettement plus faibles dans les zones d'ombre que dans la région de propagation rectiligne. Les ondes longues présentent une diffraction aux arêtes supérieure à celle des ondes courtes.

b) Propagation d'ondes derrière une fente étroite:

Les ondes ne se propagent pas uniquement dans la direction initiale derrière l'obstacle. Elles se propagent sous forme d'ondes semi-circulaires dans toutes les directions (diffraction des ondes sur une fente).

Plus la fente est étroite par rapport à la longueur d'onde, plus la diffraction est visible.

Il semble que la fente soit un excitateur ponctuel pour les ondes circulaires.

Etant donné qu'il est possible de placer la fente à tout endroit de l'onde se déplaçant vers l'obstacle, on considère chaque point du porteur d'onde comme point de départ d'une nouvelle onde (onde élémentaire), selon le premier principe d'Huygens.

c) Propagation d'une onde derrière une grille:

Chaque fente de la grille produit une onde circulaire. Elles peuvent être considérées comme des ondes élémentaires. Les ondes circulaires se pénètrent et se superposent mutuellement. De nouveaux fronts d'ondes apparaissent. Selon le deuxième principe d'Huygens, on peut considérer le nouveau front d'onde comme l'enveloppe des ondes élémentaires.

Fig. 2 Montage expérimental pour le principe d'Huygens
- **a** interrupteur du stroboscope
- **b** bouton (réglage fin de la fréquence du stroboscope)
- **c** bouton poussoir (excitation d'ondes uniques)
- **d** bouton (réglage de l'amplitude de l'excitation d'ondes)
- **e** bouton (réglage de la fréquence de l'excitation d'ondes)
- **f** vis moletée (rotation manuelle du disque stroboscopique)

Fig. 3 Branchement de l'excitateur d'ondes rectilignes
h vis de réglage (réglage de la profondeur d'immersion)

Fig. 4 Obstacles (vu du côté de l'excitateur)
En haut: grande fente
Au milieu: petite fente
En bas: grille

LEYBOLD DIDACTIC GMBH · Leyboldstrasse 1 · D-50354 Hürth · Phone (02233) 604-0 · Telefax (02233) 604-222 · e-mail: info@leybold-didactic.de
© by Leybold Didactic GmbH
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved